

ДР ДУЊА ПОПОВИЋ

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

АКАДЕМСКА МИСАО

2024

Млади истраживач

Аутор:

Др Дуња Поповић

Рецензенти:

Др Ирис Борјановић Трусина, професор струковних студија,
Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину
Др Саша Дмитривић, ванредни професор,
Физички факултет Универзитета у Београду

Задња корица:

Olivier Zappelli

Издавач:

Академска мисао, Београд

Тираж: 300 примерака

ISBN: 978-86-6200-033-0

Штампа: Академска мисао

Место и година издања: Београд, 2024.

© 2024.

ЗА МОЈУ МАЈКУ
РАДИЦУ ПОПОВИЋ

ПРЕДГОВОР

Свачији животни пут је посебан и на одређени начин надахнут. Не морају могућности бити унапред познате и објашњене да би се успешно реализовале, то знам из сопственог искуства. Упркос томе сам написала ову књигу. Она је намењена пре свега младима који се опредељују за оно што бисмо у духу данашњице назвали научном каријером, а искрено је трновит пут научног живота. Искрени можемо да будемо јер они који се за овај пут опредељују не могу бити лако од њега одвраћени. А тај пут је пут Николе Тесле, који је доживео да за његово откриће другоме буде додељена Нобелова награда, или Марије Кири, која је годинама ручно обрађивала тоне руде да би издвојила мање од грама радиоактивног елемента и пострадала од последица радиоактивности. На тај пут се не иде са великим очекивањима од света, већ са великом надом у Бога и његову вољу да баш пред нашим очима отвори тајне универзума. И иде се с одлуком да се неуморно граде и унапређују алати, методе и сопствена знања која ће ово практично омогућити. У том смислу је ово дело мапа и приручник. Надам се да ће наћи своје читаоце и њима помоћи на њиховом

занимљивом животном путу. За све друге
читаоце, који се из радозналости опредељују за
ову књигу, надам се да она може пружити
интересантне информације о животу научника.

У Крушевцу, 11-08-2024

Др Дуња Поповић

САДРЖАЈ

УВОД	1
КО ЈЕ ИСТРАЖИВАЧ?	3
НАУЧНА КАРИЈЕРА	3
КЛУБ НАЈБОЉИХ	7
МОТИВАЦИЈА	11
НАУЧНА САРАДЊА	12
У ШТА ВЕРУЈЕ НАУЧНИК?	13
ИПАК СЕ ОКРЕЋЕ!	14
АКТИВНОСТИ ИСТРАЖИВАЧА	16
ЕКСПЕРИМЕНТ	16
ОСМАТРАЊЕ	18
ТЕОРИЈА	19
НУМЕРИКА	20
КОНКУРИСАЊЕ ЗА СРЕДСТВА	22
РУКОВОЂЕЊЕ ПРОЈЕКТИМА	24
ОБЈАВЉИВАЊЕ РАДОВА	30
ПРЕДСТАВЉАЊЕ И КОМУНИКАЦИЈА	34
ПОПУЛАРИЗАЦИЈА НАУКЕ	38
МЕРЕЊЕ НА ВЕЛИКО	40
СРБИЈА: МЕТЕОРОЛОШКА ОПСЕРВАТОРИЈА БЕОГРАД .	40
СРБИЈА: АСТРОНОМСКА ОПСЕРВАТОРИЈА	42
ЧИЛЕ: АЛМА	43

ЕВРОПА: CERN	45
ФРАНЦУСКА: ESRF, ILL	46
ШВЕДСКА: MAX IV	49
РАД НА СИНХРОТРОНУ	50
ЗАНИМЉИВОСТИ НА ПУТУ НАУКЕ	55
АПСОЛУТНО ЦРНО ТЕЛО	55
УЛТРАЉУБИЧАСТА КАТАСТРОФА	56
ЦРВЕНИ ПОМАК	59
СУНЧЕВ ВЕТАР	61
ЦРНА РУПА	63
ГРАВИТАЦИОНИ ТАЛАС	65
ТАМНА МАТЕРИЈА.....	67
ТОПОЛОШКИ ИЗОЛАТОР	69
ГРАФИН.....	71
ПРОВИДНО ДРВО.....	73
УЛТРАВИСОКИ ВАКУУМ.....	75
КВАЗИКРИСТАЛ.....	80
МИЛАНКОВИЋЕВ КАЛЕНДАР	82
ЛАКИ ОГЛЕДИ – БИТНА ПИТАЊА ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ	85
УВОД У ФИЗИКУ И ЊЕНЕ МЕТОДЕ	85
КРЕТАЊЕ.....	89
СИЛА	90
МЕРЕЊЕ.....	94

МАСА И ГУСТИНА	97
ПРИТИСАК	99
СИЛА И КРЕТАЊЕ	101
СИЛА ТЕЖЕ И СИЛА ТРЕЊА	103
РАВНОТЕЖА ТЕЛА	107
МЕХАНИЧКИ РАД, ЕНЕРГИЈА, СНАГА	109
ОСЦИЛАТОРНО И ТАЛАСНО КРЕТАЊЕ	114
СВЕТЛОСНЕ ПОЈАВЕ	116
ЕЛЕКТРИЧНО ПОЉЕ, ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	118
МАГНЕТНО ПОЉЕ	120
РАДНИ ЛИСТИЋИ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНЕ ШКОЛЕ	123
УВОД У ФИЗИКУ	123
КРЕТАЊЕ 1	125
КРЕТАЊЕ 2	128
УЗАЈАМНО ДЕЛОВАЊЕ ТЕЛА	130
ГРАВИТАЦИЈА, ЗЕМЉИНА ТЕЖА, ТЕЖИНА.....	132
МЕРЕЊЕ 1	134
МЕРЕЊЕ 2	136
ИНЕРЦИЈА, МАСА, ТЕЖИНА.....	138
МАСА, ТЕЖИНА, ГУСТИНА	140
АТМОСФЕРСКИ ПРИТИСАК.....	142
ПАСКАЛОВ ЗАКОН.....	144
ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН.....	145

МЕРЕЊЕ СИЛЕ · ПРОМЕНЉИВО КРЕТАЊЕ · ВЕКТОРИ И СКАЛАРИ.....	147
РАВНОМЕРНО И ПРОМЕНЉИВО КРЕТАЊЕ.....	149
ТОПЛОТНЕ ПОЈАВЕ · ТЕМПЕРАТУРА	151
САСТАВ И СТАЊА МАТЕРИЈЕ	153
ОСЦИЛАЦИЈЕ.....	155
ТАЛАСИ.....	157
ЗВУК	158
СВЕТЛОСТ	160
НАЕЛЕКТРИСАЊЕ	162
МАГНЕТНО ПОЉЕ	165
ВИРТУЕЛНА ЛАБОРАТОРИЈА ЗА УЧЕНИКЕ СРЕДЊЕ ШКОЛЕ	167
РНЕТ СИМУЛАЦИЈЕ	167
ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	168
ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВОДНОСТ	168
ГЕНЕРАТОР	169
ЕЛЕКТРОМАГНЕТНИ ТАЛАСИ	169
РАДИО-ТАЛАСИ.....	170
МИКРО-ТАЛАСИ.....	170
КВАНТНА МЕХАНИКА.....	171
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИ ЕФЕКАТ	172
КВАНТНА ИНТЕРФЕРЕНЦИЈА ТАЛАСА.....	172
КВАНТНО ТУНЕЛОВАЊЕ	173

ФИЗИКА ЧВРСТОГ СТАЊА.....	174
ЗОНСКА СТРУКТУРА	174
ПОЛУПРОВОДНИЦИ	175
НУКЛЕАРНА ФИЗИКА	176
АЛФА-РАСПАД.....	176
БЕТА-РАСПАД.....	177
РАДИОАКТИВНИ РАСПАДИ	178
НУКЛЕАРНА ФИСИЈА.....	179
ПРИМЕЊЕНА ФИЗИКА.....	179
РАДИОАКТИВНО ДАТИРАЊЕ	180
СТРУЧНИ СОФТВЕР	181
IGOR PRO.....	181
(La)TeX.....	182
ТУРНИР МЛАДИХ ФИЗИЧАРА	184
Литература	185
О аутору.....	197
Захвалница.....	199

УВОД

Сунчан је дан, али Месец се намешта између нас на Земљи и Сунца и Сунце одједном постаје срп на небу. Небо се прелива зеленом и љубичастом поларном светлошћу, траговима немилосрдног Сунчевог ветра, које каналише Земљино магнетно поље. Игла компаса показује магнетни правац север-југ, који се не односи увек кроз историју Земље исто према географским половима. Земљина тежа покреће клатно и даје му одређени период осциловања. Осцилују и електрично и магнетно поље у светлости, коју некад описујемо као талас, а некад као честицу. Честице из свемира нас бомбардују непрекидно и ако укључимо Гајгер-Милеров бројач, чућемо пуцкетање, тај шум невидљивог света који се простире далеко изван граница наше атмосфере. Ко је истраживач? Особа која ове сигнале доживљава као позив да завири још дубље у свет препун физичких тајни.

Верујући научник прихвата науку као допуштење да стекне увид у савршен свет који је Бог створио. Да је гравитација само мало јача, космос би сажимањем био уништен, да је гравитација само мало слабија, не би држала на окупу планете и

Д. ПОПОВИЋ

звезде. Она има неоспорно савршен интензитет. Атмосфера на Земљи нам омогућава да чујемо, магнетно поље Земље нам омогућава да будемо заштићени од Сунчевог ветра, светлост нам омогућава да видимо свет око себе, од микроскопског до астрономског. Тамна материја нам указује на то да постоји и за нас *невидљив* свет. За верујућег научника ово није само дивно, већ је и неоспоран показатељ Божије величине.

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

КО ЈЕ ИСТРАЖИВАЧ?

НАУЧНА КАРИЈЕРА

Добар дан, будући научници! Ако читате овај текст, дакле одабрали сте ову књигу, то је већ један показатељ да би научна каријера могла да вам буде нешто блиско.

Жељу да се бави науком особа често носи још из школе – основне или средње. Природа се састоји од материје, а материја може бити у форми супстанције или физичког поља – била је суштина првог што сам чула из физике као ученица шестог разреда. Мислила сам да то разумем и да ми је блиско и била сам тиме одушевљена. Благо онима који рано схвате које таленте им је Бог подарио.

Уписати факултет природних наука најчешће није никакав проблем, јер се за научну каријеру из области природних наука опредељује релативно мали проценат студената. Теже га је успешно завршити.

По завршетку основних студија очекује се да особа заинтересована за науку почне да ради докторат. Озбиљан докторски рад подразумева

Д. ПОПОВИЋ

осамостаљивање у примени научне методологије уз помоћ ментора, који мора већ имати стечен докторат (и најчешће још неко звање више од тога). Дакле, процес докторирања може да садржи похађање краћих курсева, али то никако не би смело да буде доминантно. Озбиљне установе и озбиљни ментори захтевају одређени број самостално урађених и објављених публикација као доказ да је особа спремна да истраживачки рад убудуће обавља самостално, без помоћи и надзора. Сматра се да је особа која је докторирала стекла „пунолетство“ за научно-истраживачки рад и добила званичан доказ да је за то способна – докторску диплому коју потписује ментор.

На немачком језику се ментор за израду доктората зове и доктор-отац, што веома јасно представља релације у којима се докторанд и ментор налазе током израде доктората.

У наставку ваше научне каријере најбитније питање о вашим формативним годинама биће „Код кога сте докторирали?“. Потрудите се да сутрадан можете с поносом да одговорите на ово питање.

Мој савет будућем истраживачу је да у овом, првом великом кораку научне каријере не иде

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

линијом мањег отпора и тражи ментора и установу где се ово може завршити најлакше и најбрже. Напротив, треба отићи тамо где је пролазност најмања, где се тешко добија висока оцена и где је селекција немилосрдна. Ово је ваше учење за цео научни живот који следи. Не пропустите шансу да одете тамо где ћете моћи да научите највише, где ћете морати да дате све од себе и где ће вам се показати да ли сте или нисте за тај посао.

После овог корака следе године када ћете тражити посао као „постдок“, тј. неко ко је докторирао, али још није ушао у систем научних звања на некој високошколској установи. Позиција постдок у Србији нажалост *de facto* не постоји, али постоји у остатку света. То су такође битне формативне године, током којих се очекује од вас да уведете млађе колеге у област у којој сте докторирали, а да научите у оквиру нових истраживачких група неку нову експерименталну технику или неки нови формализам, којим до тада нисте имали прилике да се служите. Пар позиција као постдок учиниће да постанете веома свестрани и да упознате много вредних људи.

Д. ПОПОВИЋ

После доктората и постдока долази уско грло академског света, улаз у систем научних звања на некој високошколској установи. На факултету је најниже звање – звање доцента. Оно води преко звања ванредног до звања редовног професора и то је завршница каријерног успињања којој се тежи. Пошто редовних професора не може бити много, не допушта се ни да доценти буду бројни. Зато је преломни тренутак научне каријере онај у коме успете или не успете да постанете доцент.

У Западној Европи се различитим врстама конкурса врши селекција кандидата и попуњавање места доцента. Позиција доцента се сматра за *tenure-track*, односно на путу ка позицији редовног професора, дакле запослења на неодређено. Само на врхунским универзитетима постоји реална селекција кандидата после првих пар година, на већини осталих места се са позиције доцента сасвим сигурно стиже до позиције професора.

Захтеви за каријерно напредовање се разликују од установе до установе. Свуда се разматра број објављених научних радова, позиција на листи аутора тих публикација (да ли сте први, други или последњи аутор на листи), руковођење пројектима, способност прибављања

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

финансијских средстава за сопствене пројекте, објављивање књига или монографија, држање говора на конференцијама по позиву и тако даље.

Читала сам да се посао редовног професора сврстава у пет најмање стресних професија на свету, једна од преостале четири је – библиотекар.

Дакле, бити научник данас подразумева завршити основне студије и наставити са школовањем до стицања доктората, а затим напредовање у струци кроз различита наставна/научна звања до највишег. То је академски пут и у данашње време се више и не разматрају алтернативе.

КЛУБ НАЈБОЉИХ

У претходном тексту прошли смо кроз формалне захтеве научне каријере данас. Међутим, то историјски није једини пут који води у анале науке, као што доказују историјски битни изузеци од овог правила као што су Сер Исак Њутн, Томас Едисон, Никола Тесла или Алберт Ајнштајн.

Сер Исак Њутн рођен је као постхумно дете Џона Њутна и његове удовице Херијет Ејскох. Са

Д. ПОПОВИЋ

дванаст година био је непослушан и незаинтересован ђак све до једног мањег инцидента, који је потпуно променио младог Њутна. Задобивши ударац у стомак, Њутн се тргао и активирао и тешким радом ускоро изборио место на челу својих вршњака, за којима је раније заостајао. Почео је да добија похвале као одмерен, тих, мислилац, али и скроман и истинољубив. Наука је почела да закупља његову пажњу, а то се и манифестовало кроз експерименте којима је будио знатижељу својих пријатеља. Правио је папирне змајеве и папирне лампе, имао своју радионицу са пуно алата и био популаран у друштву због тога. Бавио се механичким направама, сатовима, колима, ветрењачама, цртањем, поезијом.

Када је Њутн имао петнаест година, његова мајка, која је и у другом браку остала удовица, повукла је Њутна из школе из финансијских разлога. Нажалост, Њутну послови у пољу нису пријали и мајка је ускоро била приморана да га врати у школу, по чијем завршетку се уписао на Тринити колеџ и одатле креће његова блистава научна каријера.

Као дечак од седам година, велики амерички проналазач, научник и бизнисмен Томас Алва

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

Едисон био је немиран ђак и имао је пуно питања. Учитељ то није ценио, исмевао га је пред другом децом, кажњавао га седењем у ћошку и на крају прогласио за ометеног у развоју који није способан да учи.

Велика је срећа што се Едисонова мајка оглушила о мишљење учитеља и одлучила да своје дете сама школује, верујући у његов потенцијал и подржавајући га да од малена оформи своју лабораторију и посвети се науци. Показало се да је то био велики корак и за човека и за човечанство.

Едисон је цео живот провео у константном научном развоју и напретку. Проглашен је за најкориснијег човека Америке, завршио је живот са преко 1000 патената. А целог живота није престао да понавља да га је мајка створила и да је њена вера у њега учинила чудо.

Једна занимљивост је да је Едисон у својој првој лабораторији у родитељској кући чувао своје хемикалије од других тако што је на све флашице стављао натпис „отров“.

Никола Тесла никада није завршио факултет. Он је започео студије и врло успешно корачао академским светом, али није стекао диплому,

Д. ПОПОВИЋ

већ је прешао у свет рада и убрзо потом из Европе емигрирао у Америку, где је почео да ради код Томаса Едисона. За разлику од Едисоновог прагматичног приступа решавању научних проблема и јаког предузетничког духа, Тесла је био визионар, који је умео да замисли машине до најситнијих детаља и да их потом на основу својих замисли реализује, добијајући, по правилу, прототип који је из прве функционисао. Завршио је живот са преко 300 патената.

Вероватно најпознатије лице физике и науке уопште је Алберт Ајнштајн, који се школовао у Немачкој и Швајцарској да постане наставник физике и математике. Пошто није могао да се запосли у струци, Алберт је прихватио посао техничког сарадника у Патентном заводу у Берну. Велике знаменитости физике – његове фантастичне теорије релативности, објашњење фотоефекта и Брауновог кретања, настале су у слободно време. Томе је уследила лавина блиставих догађаја за каријеру једног научника: понуде да се прихвати професорских позиција на много високоранжираних универзитета у свету, почасни докторати и награде. Предлог да му се за постављање теорија релативности додели Нобелова награда двапут је одбијан од стране Нобелове комисије, да би му ова престижна

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

награда дошла у руке за теоријско објашњење фотоефекта и постављање темеља квантне механике. Рођени Немац живот је окончао у Сједињеним Америчким Државама с америчким држављанством као редовни професор на Принстону.

МОТИВАЦИЈА

Од унутрашње мотивације не постоји јача. А научна каријера је напоран и мукотрпан пут, на коме се свако слово биографије у настајању плаћа непроставаним радним данима и ноћима у бесконачном низу. Да бисте се у науци осећали добро мора да вам буде јасно да сте ту својом вољом и да вам тај избор одговара. Спољашњи фактори су потпуно непредвидиви, али док год је тај осећај у вама на месту, за вас неће бити губитка мотивације и преиспитивања.

Едисонов тим је током две године испробао преко 6000 различитих материјала за влакно сијалице. Едисон је ретко одлазио из лабораторије кући, дремао је за време кратких одмора у столицама. Тесла је одмарао пет сати дневно, од тога је спавао три сата. Марија и Пјер Кири су ручно обрадили тоне уранове руде (pitchblende). Марија је ручно гвозденом шипком

Д. ПОПОВИЋ

у казану мешала по двадесет килограма материјала, а некада је то за њу била целодневна активност. За три године тешког рада у коме је брачни пар добијао разне врсте помоћи, изолована је десетина грама радијум хлорида.

Тесла није престао да ради ни када је Нобелова награда за његово откриће радија додељена Марконију 1909. године. Марија Кири се није обесхрабрила када са две Нобелове награде није примљена у Француску академију наука 1911. године. Напротив, она је уронила још дубље у посао.

НАУЧНА САРАДЊА

Тихо Брахе и Јохан Кеплер су заједно радили на истом проблему, свако по пар деценија, са великим трансфером знања. Брахеова осматрања ноћног неба која је систематски изводио омогућила су Кеплеру да обрадом дође до три универзална закона који важе за планете у Сунчевом систему. Кеплерове резултате, првенствено у вези са открићем првог закона на случају планете Марс, је омогућила прецизност Брахеових осматрања. Њихова директна сарадња је међутим трајала само годину дана.

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

Томас Едисон и Никола Тесла су се истовремено бавили проблемом производње и преноса електричне енергије, Едисон заступајући идеју о једносмерној, а Тесла о наизменичној струји. Тесла је такође почео као Едисонов асистент, а завршио као самостални истраживач, који је надмашио Едисона.

Из лабораторије, али и куће елитног научног пара Кири произашла је још једна нобеловка: њихова ћерка Ирена Жолио Кири, која је са мужем Фредериком Жолио поделила нобелову награду за хемију 1935. године за синтезу нових радиоактивних елемената.

Дакле, комуникација и сарадња су битне, а начини на које се оне могу реализовати су веома разноврсни.

У ШТА ВЕРУЈЕ НАУЧНИК?

Када је настала квантна механика и одједном се чинило да је све на свету подложно само статистици и вероватноћама, а не класичној каузалности и детерминизму Њутновог доба, Алберт Ајнштајн је у знак протеста против тако, по његовом мишљењу, накардног гледишта на универзум прокоментарисао *Бог се не коцка*, тј.

Д. ПОПОВИЋ

не баца коцкице да одлучи хоће ли се нешто одиграти на један или други начин. На то је Нилс Бор, његов главни опонент и један од твораца квантне механике, одговорио *Престани говорити Богу шта да ради!*

Научник верује у своје резултате, али мора да познаје границе својих научних истина, тј. домен њиховог важења, степен експерименталне доказаности и простор који отварају за другачије интерпретације, другим речима мора задржати критичан став о својим открићима. То се кроз историју науке показало међутим као најтежи задатак. Верујући научник има и свест о томе да му је кроз његова открића пружен ексклузиван увид у начин функционисања света, који је створио Бог.

ИПАК СЕ ОКРЕЋЕ!

Галилео Галилеј, италијански физичар, астроном, математичар и филозоф, није изумео телескоп, али га је значајно усавршавао повећавајући му моћ разлагања, која је у општем случају сразмерна пречнику објектива и први га употребио за систематски истраживачки рад у области астрономије. Од 1610. године он је уочио да Јупитер има сателите, да Сунце ротира око

МЛАДИ ИСТРАЖИВАЧ

своје осе, да на Месецу постоје планине, да у Млечном путу постоји мноштво звезда и да Венера има фазе – из чега је закључио да она не ротира око Земље, већ око Сунца.

Године 1633. Галилеј се под претњом Инквизиције да није у сагласности са Светим Писмом, одрекао своје тврдње о хелиоцентричном систему. *Ипак се окреће!* су храбре речи које он можда никад није изустиио пред Инквизицијом, а које изражавају његову научну убеђеност у тачност предложеног система, који датира још од Аристарха са Самоса (3. век п.н.е.), а који је потврдио и Коперник (15-16. век). Осуђен је на доживотни притвор.

Године 1835. Галилејева публикација *Дијалог о два главна система света* се брише са листе забрањених књига Ватикана *Index Librorum Prohibitorum*. Папа Јован Павле II износи 1979. први пут став да је Галилеј претрпео неправду од римокатоличке цркве, а године 1992. то понавља пред Папском академијом наука, што се сматра рехабилитацијом Галилеја, признањем резултата његовог научног рада и припадајућих заслуга.